

University of Groningen

Magnetic properties of systems with S-D exchange interactions

Smit, Willem Andries

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1973

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Smit, W. A. (1973). Magnetic properties of systems with S-D exchange interactions: some exactly solvable models. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Samenvatting

Het magnetische gedrag van metalen waarin zich gelokaliseerde magnetische momenten bevinden, wordt sterk beïnvloed door een wisselwerking tussen de spins van deze momenten en de spins van de geleidingselektronen. Deze zogenaamde s-d exchange wisselwerking, waarvan de herkomst wordt besproken in hoofdstuk I, geeft aanleiding tot een indirecte interactie tussen de gelokaliseerde momenten.

Naast de s-d wisselwerking kunnen zowel de geleidingselektronen als de gelokaliseerde magnetische momenten nog onderhevig zijn aan andere soorten interacties. Voorbeelden hiervan zijn een directe wisselwerking tussen de gelokaliseerde momenten onderling en de elektron-elektron wisselwerking die aanleiding geeft tot supergeleiding. Het doel van dit proefschrift is de magnetische eigenschappen te onderzoeken van systemen waarin een competitie optreedt tussen de s-d wisselwerking en andere soorten van interactie. De methode die wij hiervoor verkozen is die van het opstellen van modellen welke eksakt opgelost kunnen worden. Deze methode heeft het voordeel dat de beschouwde systemen volledig geanalyseerd kunnen worden, waarbij speciaal de invloed van de onderlinge verhouding der koppelingssterkten van de wedijverende wisselwerkingen op de eigenschappen van de modellen bestudeerd kunnen worden.

In hoofdstuk II wordt een model behandeld waarbij twee magnetische momenten ingebed zijn in een elektronengas. Van de s-d wisselwerking is aangenomen dat deze een lokaal karakter heeft. Behalve via deze s-d interactie staan de twee momenten in directe wisselwerking met elkaar via een Heisenberg interactie. Essentieel voor de oplosbaarheid van het model is de aanname dat alle geleidingselektronen dezelfde kinetische

in zich gelokaliseerde
erke beïnvloed door een
momenten en de spins
aande s-d exchange wis-
esproken in hoofdstuk
nteraktie tussen de ge-

de geleidingselektro-
menten nog onderhevig
orbeelden hiervan zijn
okaliseerde momenten
lwerking die aanlei-
van dit proefschrift
rzoeken van systemen
e s-d wisselwerking en
de die wij hiervoor
odellen welke eksakt
eft het voordeel dat
seerd kunnen worden,
rlinge verhouding der
wisselwerkingen op de
d kunnen worden.

ld waarbij twee magne-
ktronengas. Van de
e een lokaal karakter
staan de twee momen-
via een Heisenberg
rheid van het model
onen dezelfde kinetische

energie hebben, m.a.w. we beschouwen de limiet van een smalle band. Van dit model zijn alle energie eigenwaarden en eigenfuncties bepaald. Tevens werd de korrelatiefunctie, die informatie verschaft over de relatieve richting van de twee magnetische momenten, berekend. Zowel de s-d wisselwerking als de Heisenberg interactie kan ferromagnetisch of antiferromagnetisch van aard zijn, korresponderend met het teken van de koppelingsparameters. Vier kombinatiemogelijkheden doen zich voor. De afhankelijkheid van de korrelatiefunctie in de grondtoestand van de verhouding der koppelingssterkten van de s-d en Heisenberg wisselwerking is voor al deze combinaties geanalyseerd. Een antiferromagnetische korrelatie tussen de twee magnetische momenten blijkt slechts te kunnen optreden indien de Heisenberg koppeling een antiferromagnetisch karakter heeft.

In hoofdstuk III wordt een model beschreven voor een metaal met een eindige konsentratie magnetische momenten die alle onderhevig zijn aan een lange afstands s-d exchange wisselwerking van het van der Waals type. De eksakte oplossing van dit model wordt gegeven, zowel in de limiet waarin de breedte van de geleidingsband nul is, als voor het geval waarin de geleidingselektronen een variabele kinetische energie bezitten. Aangetoond wordt dat dit model voor elke konsentratie een tweede orde fase overgang vertoont. Ook wordt het gedrag in aanwezigheid van een magneetveld geanalyseerd. Een groot verschil in gedrag blijkt op te treden tussen het geval waarin de s-d wisselwerking ferromagnetisch is en het geval waarin deze antiferromagnetisch is. Eveneens is de invloed van de bandbreedte op dit gedrag bestudeerd.

De mogelijkheid van het het gelijktijdig optreden van ferro-

magnetisme en supergeleiding in een legering is onderwerp van studie in hoofdstuk IV. Tot op heden is op dit gebied nog weinig theoretisch onderzoek verschenen. In de theorie van Bardeen, Cooper en Schrieffer (B.C.S.) ter verklaring van het verschijnsel der supergeleiding zijn de geleidings-elektronen in een supergeleider gekoppeld in paren met antiparallelle spins. Zoals in hoofdstuk III is aangetoond heeft een s-d wisselwerking tussen geleidings-elektronen en gelokaliseerde magnetische momenten de neiging om het elektronen systeem te polariseren. Op deze manier werkt een s-d interactie de paarvorming van elektronen, die nodig is voor supergeleiding, tegen. De vraag of een koëxistentie van deze twee wedijverende verschijnselen mogelijk is, wordt bevestigend beantwoord voor een model systeem dat bestaat uit een combinatie van het B.C.S.- en Zeners s-d exchange model. Voor dit model is ook de invloed van de konsentratie van de magnetische momenten, de bandbreedte en de koppelingsparameters op het optreden van faseovergangen bestudeerd.

In hoofdstuk V worden twee modellen voor lineaire ferromagneten geanalyseerd, waarbij een lange afstands s-d wisselwerking in competitie staat met een antiferromagnetische korte afstands interactie tussen de gelokaliseerde momenten.

In het eerste model wordt voor de korte afstandswisselwerking de klassieke, naaste buur Ising interactie genomen. In afwezigheid van een uitwendig magneetveld vertoont dit model, afhankelijk van de waarden van de diverse parameters van het systeem, een tweede orde, een eerste orde of in 't geheel geen faseovergang. In aanwezigheid van een magneetveld vinden we een rijke schakering van fase diagrammen. Deze diagrammen zijn in hoge mate afhankelijk van de verhouding der koppelingssterkten van de geleidings-elektronen en magne-

ing is onderwerp
is op dit gebied
en. In de theorie
) ter verklaring
ijn de geleidings-
in paren met an-
I is aangetoond
ingsselektronen en
iging om het elek-
nier werkt een s-d
die nodig is voor
eksistentie van
elijk is, wordt be-
em dat bestaat uit
s-d exchange model.
onsentratie van de
e koppelingspara-
bestudeerd.
lineaire ferromag-
tands s-d wissel-
ferromagnetische korte
orde momenten.
afstandswisselwer-
rakterie genomen.
eld vertoont dit
diverse parameters
ste orde of in 't ge-
an een magneetveld
iagrammen. Deze
van de verhouding
lektronen en magne-

netische momenten met het magneetveld.

In het tweede model is de korte afstandswisselwerking de kwantummechanische, isotrope X-Y interactie tussen naaste burens in de keten van magnetische momenten. Voor de limiet van smalle bandbreedte, waarbij alle geleidingselektronen dezelfde kinetische energie hebben vertoont dit model altijd een tweede orde faseovergang in afwezigheid van een magneetveld. De introductie van een variabele kinetische energie voor de geleidingselektronen beïnvloedt het gedrag van het systeem drastisch. Voor vaste waarden van de koppelingsparameters verandert bij toenemende waarde van de bandbreedte het karakter van de faseovergang van tweede naar eerste orde. Bij nog verdere vergroting van de bandbreedte verdwijnt de faseovergang zodra een kritische waarde wordt bereikt. In aanwezigheid van een magneetveld kunnen slechts faseovergangen optreden indien de gyromagnetische verhouding van de magnetische momenten groter is dan die van de geleidingselektronen en de s-d wisselwerking een antiferromagnetisch karakter heeft.

6442
1973